

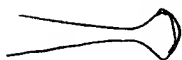
08-12-05

1#W



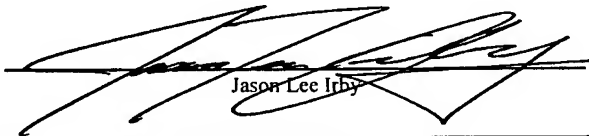
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Karl Lubitz, et al.
Serial No.: 10/696,690
Date Filed: October 29, 2003
Group Art Unit: 2834
Examiner: Dougherty, Thomas M.
Title: **ADDITIONAL CONTACTING FOR AN
ELECTRICAL COMPONENT AND
PIEZOELECTRIC COMPONENT IN THE
FORM OF A MULTILAYER STRUCTURE**



Mail Stop - AMENDMENT
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as Express Mail No. EV628932555US addressed to: Mail Stop - Amendment, Commissioner of Patents, Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on August 11, 2005.



Jason Lee Irby

Dear Sir:

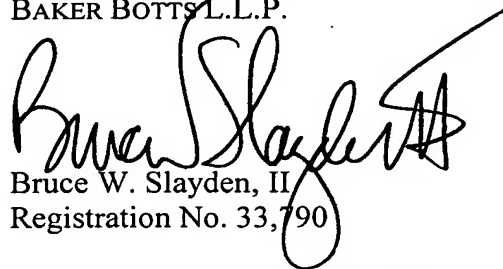
TRANSMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Applicants enclose a certified copy of the priority German Patent Application No. 101 21 272.0 filed April 30, 2001.

REMARKS

Applicants believe there are no fees due, however, the Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees or credit any overpayment to Deposit Account No. 50-2148 of Baker Botts L.L.P.

Respectfully submitted,
BAKER BOTTS L.L.P.



Bruce W. Slayden, II
Registration No. 33,790

ATTORNEY FOR APPLICANT

Date: 8/11/2005

Correspondence Address:

At Customer No. **31625**
Telephone: 512.322.2606
Facsimile: 512.322.8383

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 21 272.0

Anmeldetag: 30. April 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil sowie piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise

IPC: H 01 L, H 02 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. Juli 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Stanschus

Beschreibung

Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil sowie piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise

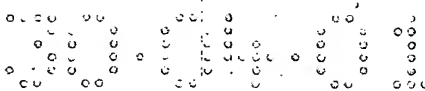
5

Die vorliegende Erfindung betrifft zunächst eine Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil, insbesondere für ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch

10 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 10.

Piezoelektrische Bauteile können als Vielschichtbauelemente
15 mit einer Anzahl von jeweils alternierend angeordneten piezoelektrischen Keramiksichten und Elektrodenschichten ausgebildet sein und gewinnen in der modernen Elektrotechnik immer mehr an Bedeutung. Beispielsweise werden piezoelektrische Bauteile in Form von Piezoaktoren als
20 Stellantriebe, in Verbindung mit Ventilen und dergleichen eingesetzt.

Ein bekannter Piezoaktor ist beispielsweise in der DE 196 46 676 C1 beschrieben. Bei derartigen Piezokeramiken wird der Effekt ausgenutzt, daß diese sich unter einem mechanischen Druck, beziehungsweise Zug, aufladen und andererseits bei Anlegen einer elektrischen Spannung entlang der Hauptachse der Keramiksicht ausdehnen. Zur Vervielfachung der nutzbaren Längenausdehnung werden
30 beispielsweise monolithische Vielschichtaktoren verwendet, die aus einem gesinterten Stapel dünner Folien aus Piezokeramik (beispielsweise Bleizirkonattitanat) mit eingelagerten metallischen Elektrodenschichten bestehen. Die Elektrodenschichten sind wechselseitig aus dem Stapel
35 herausgeführt und über Außenmetallisierungen elektrisch parallel geschaltet. Auf den beiden Kontaktseiten des Stapels ist hierzu jeweils eine streifen- oder bandförmige,



durchgängige Metallisierung aufgebracht, die mit allen Elektrodenschichten gleicher Polarität verbunden ist. Zwischen der Metallisierung und den elektrischen Anschlußelementen des piezoelektrischen Bauteils wird häufig noch eine in vielen Formen ausführbare Weiterkontaktierung aufgebracht. Legt man eine elektrische Spannung an die elektrischen Anschlußelemente an, so dehnen sich die Piezofolien in Feldrichtung aus. Durch die mechanische Serienschaltung der einzelnen Piezofolien wird die Nenndehnung des gesamten Stapels schon bei relativ niedrigen elektrischen Spannungen erreicht.

Derartige Aktoren sind durch den mechanischen Hub einer erheblichen Belastung ausgesetzt. Von entscheidender Bedeutung für die Lebensdauer derartiger Aktoren im dynamischen Betrieb ist, zur Erzielung hoher Zyklenzahlen und hoher Zuverlässigkeit, die elektrische Außenkontaktierung. Multi-Layer-Aktoren aktueller Bauform enthalten bis zu mehreren hundert Elektrodenschichten, die beispielsweise durch Siebdrucken einer Silber-Palladium-Paste und anschließendes Co-Firing mit den Keramikschichten erzeugt werden. Diese Elektrodenschichten müssen zuverlässig und dauerhaft mit den externen elektrischen Anschlußelementen verbunden werden. Da auch eine durchgängige Metallisierung im dynamischen Betrieb an einzelnen Stellen unterbrochen werden kann, beispielsweise durch auftretende Risse oder dergleichen, muß die Weiterkontaktierung, beziehungsweise die Verbindung der Metallisierung mit den nach außen führenden elektrischen Anschlußelementen über eine größere Anzahl paralleler Verbindungselemente erfolgen, bei denen es sich beispielsweise um dünne Leiterbahnen, Drähte oder dergleichen handeln kann.

Eine solche Weiterkontaktierung ist beispielsweise in der von der Anmelderin ebenfalls eingereichten, älteren Patentanmeldung DE 198 18 068 offenbart. Darin sind die Elektrodenschichten einer Polarität eines piezoelektrischen

Aktors zunächst über eine durchgehende Metallisierung miteinander verbunden. Zur Verbindung der Metallisierung mit elektrischen Anschlüssen sind eine Reihe von Verbindungselementen vorgesehen.

5

Die Lebensdauer und Zuverlässigkeit eines solchen piezoelektrischen Bauteils im dynamischen Betrieb hängt entscheidend von der Qualität der Weiterkontaktierung ab. Beispielsweise kann in den Verbindungselementen, etwa den
10 Leiterbahnen, Drähten oder dergleichen, Materialermüdung auftreten. Weiterhin kann eine solche Materialermüdung auch in den Verbindungsbereichen der Verbindungselemente zur Metallisierung oder zu den elektrischen Anschlußelementen auftreten. Die Höhe der zur Ermüdung führenden zyklischen
15 mechanischen Belastungen wird bei gegebener Materialauswahl durch den Hub des piezoelektrischen Vielschichtbauelements relativ zum ruhenden Anschlußelement sowie durch mögliche Longitudinal- beziehungsweise Transversalresonanzen der elektrischen Anschlußelemente, bei denen es sich
20 beispielsweise um Kontaktstifte handelt, selbst bestimmt.

Diese im dynamischen Betrieb entstehenden Longitudinal- oder Transversalschwingungen verursachen im Bereich der Weiterkontaktierung zusätzliche mechanische Belastungen.

25

Ausgehend vom genannten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil sowie ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise der eingangs
30 genannten Art derart weiterzubilden, daß die zum Stand der Technik beschriebenen Nachteile vermieden werden. Insbesondere soll eine zuverlässige Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil beziehungsweise ein entsprechend verbessertes piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise
35 angegeben werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Weiterkontaktierung gemäß Patentanspruch 1 sowie das piezoelektrische Bauteil in Vielschichtbauweise gemäß Patentanspruch 10. Weitere Vorteile, Merkmale, Details, Aspekte und Effekte der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie den Zeichnungen. Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Weiterkontaktierung beschrieben sind, gelten dabei selbstverständlich auch für das piezoelektrische Bauteil, und umgekehrt.

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil, insbesondere für ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise, bereitgestellt, die mehr als ein Verbindungselement, das heißt eine Anzahl von Verbindungselementen, zur Verbindung des elektrischen Bauteils mit einem elektrischen Anschlußelement aufweist. Die Weiterkontaktierung ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß sie als ein einziges, strukturiertes Bauteil ausgebildet ist.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung läßt sich eine zuverlässige Weiterkontaktierung realisieren, die, in elektrischen Bauteilen eingebaut, zu elektrischen Bauteilen mit einer hohen Belastbarkeit und Lebensdauer führt. Erfindungsgemäß wird eine Weiterkontaktierung bereitgestellt, bei der die mechanischen Belastungen im Bereich der Verbindungselemente erniedrigt sowie mögliche Resonanzen der elektrischen Anschlußelemente und damit verbundene mechanische Belastungen verringert werden. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß die gesamte Weiterkontaktierung nunmehr nur noch als ein einziges Bauteil ausgebildet ist. Im Vergleich dazu bestanden die aus dem Stand der Technik bekannten Weiterkontaktierungen jeweils aus einer ganzen Anzahl von Einzelelementen, das heißt entsprechenden Verbindungselementen. Bei jedem dieser Verbindungselemente

handelte es sich um ein von den jeweils anderen Verbindungselementen unabhängiges Bauteil. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Weiterkontaktierung können nunmehr bei gleichzeitiger Erhöhung der Zuverlässigkeit auch Materialien verwendet werden, die sicherere und kostengünstigere Verarbeitungsprozesse ermöglichen. Beispiele für geeignete Materialien werden im weiteren Verlauf der Beschreibung näher erläutert.

Die erfindungsgemäße Weiterkontaktierung kann kostengünstig hergestellt werden und führt zu einer erhöhten Zuverlässigkeit eines mit der Weiterkontaktierung versehenen elektrischen Bauteils, beispielsweise eines piezoelektrischen Bauteils in Vielschichtbauweise, im dynamischen Betrieb.

Vorteilhaft kann die Weiterkontaktierung als eine einzige, strukturierte Folie ausgebildet sein. Derartige Folien lassen sich auf besonders einfache und damit kostengünstige Weise herstellen.

Vorteilhaft kann die Weiterkontaktierung derart ausgebildet sein, daß jedes Verbindungselement mit einer einzigen, gemeinsamen Stromleitungsbahn verbunden ist. Da die Weiterkontaktierung nunmehr als ein einziges strukturiertes Bauteil ausgebildet ist, bilden sowohl die Verbindungselemente, als auch die gemeinsame Stromleitungsbahn integrale Bestandteile des strukturierten Bauteils, wodurch die Zuverlässigkeit der Weiterkontaktierung erhöht wird. So ist es beispielsweise nicht mehr erforderlich, die einzelnen Verbindungselemente über entsprechende Verbindungen, beispielsweise eine Lötverbindung, eine Schweißverbindung oder dergleichen mit einem Anschlußelement zu verbinden. Die Verbindung der Weiterkontaktierung erfolgt nunmehr über eine einzige Verbindung zwischen der Stromleitungsbahn und einem Anschlußelement. Diese Verbindung wird vorteilhaft in einem belastungsmäßig besonders geeigneten Bereich der

Stromleitungsbahn realisiert, wie dies im weiteren Verlauf der Beschreibung noch näher erläutert wird.

5 Waren im Stand der Technik alle Verbindungselemente jeweils
einzeln mit dem elektrischen Anschlußelement, bei dem es sich
in der Regel um einen Kontaktstift oder dergleichen handelte,
verbunden, so sind die Verbindungselemente nunmehr einteilig
mit der Stromleitungsbahn verbunden. Durch die besondere
10 Ausgestaltung der Stromleitungsbahn, beispielsweise in
Folienform, weist diese eine im Vergleich zu den bisher
verwendeten durchgehenden Kontaktstiften der herkömmlichen
Lösungen wesentlich geringere Massebelegung auf, wodurch die
bei den bekannten Lösungen auftretenden Eigenresonanzen in
den Kontaktstiften nunmehr verringert werden können.

15 Die Erfindung ist nicht auf eine bestimmte Strukturierung der
Weiterkontaktierung beschränkt. Vielmehr kann die Länge und
Breite der Verbindungselemente, die Breite und Gestalt der
Zwischenräume zwischen zwei benachbarten
20 Verbindungselementen, die Ausgestaltung der Übergangsbereiche
der Verbindungselemente zur Metallisierung beziehungsweise
zur Stromleitungsbahn und dergleichen je nach Bedarf und
Einsatzgebiet des elektrischen Bauteils gezielt ausgebildet
werden.

25 In weiterer Ausgestaltung kann die Stromleitungsbahn eine im
Vergleich zu jedem Verbindungselement größere Breite
aufweisen. Auf diese Weise kann die in der Stromleitungsbahn
gewünschte Stromdichte gezielt eingestellt werden.

30 Vorteilhaft kann die Stromleitungsbahn eine sich über die
Länge der Stromleitungsbahn ändernde Breite aufweisen. Auf
diese Weise kann eine über die gesamte Länge der
Stromleitungsbahn konstante Stromdichte erzielt werden.

35 Vorteilhaft kann das strukturierte Bauteil eine
Kontaktierungszone aufweisen, in der ein elektrisches
Anschlußelement angeordnet werden kann. Dabei kann das

elektrische Anschlußelement beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, mittels Lötung, Schweißung oder dergleichen mit der Kontaktierungszone verbunden werden. Die Kontaktierungszone ist im strukturierten Bauteil vorzugsweise
5 derart ausgebildet, daß die Verbindung zwischen Metallisierung und elektrischem Anschlußelement zu möglichst geringen mechanischen Belastungen führt. Einige Beispiele, wo und wie eine solche Verbindung zwischen Anschlußelement und Kontaktierungszone realisiert werden kann, sind im
10 Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauteil weiter unten beschrieben.

In weiterer Ausgestaltung kann die Weiterkontaktierung zumindest bereichsweise aus einem Material mit hoher
15 elektrischer Leitfähigkeit gebildet sein. Durch die deutliche Verringerung der mechanischen Belastungen im Bereich der Weiterkontaktierung durch deren erfindungsgemäße Ausgestaltung können für die Weiterkontaktierung, beispielsweise die strukturierte Folie, nunmehr Werkstoffe
20 eingesetzt werden, welche zwar mechanisch geringer belastbar sind, die aber eine für die Stromleitungsbahn ausreichende elektrische Leitfähigkeit besitzen und wesentlich kostengünstiger zu verarbeiten sind. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Weiterkontaktierung nunmehr durch einfach zu
25 realisierende Verfahren, wie beispielsweise Stanzen, lithographische Methoden oder dergleichen, hergestellt werden. Bei Auswahl geeigneter Materialien für die Weiterkontaktierung ist es beispielsweise weiterhin möglich, die Verbindungselemente mittels Laserlöten oder dergleichen
30 mit der Metallisierung zu verbinden.

Die Erfindung ist nicht auf bestimmte Materialien für die Weiterkontaktierung beschränkt. Vorteilhaft weisen die Materialien jedoch eine Entfestigungstemperatur des Materials
35 von $> 150^{\circ}\text{C}$ auf, da viele Anwendungsgebiete für piezoelektrische Bauelemente in diesen Temperaturbereichen liegen. Weiterhin werden vorteilhaft solche Materialien

verwendet, die beispielsweise mittels Weichlötung oder dergleichen gut mit anderen Werkstoffen verbindbar sind.

Vorteilhaft kann die Weiterkontaktierung aus wenigstens einem Material aus der Gruppe Cu, Cu-Legierung, Fe, Stahl, Ni-Basislegierung, Co-Basislegierung gebildet ist.

Selbstverständlich sind auch andere Materialien denkbar. Wichtig ist lediglich, daß die verwendeten Materialien eine ausreichende Stromtragfähigkeit, beispielsweise im Bereich der Stromleitungsbahn, aufweisen.

Vorteilhaft kann die Weiterkontaktierung aus Stahl hergestellt sein. Hier eignen sich insbesondere rostfreie Stähle, die auf Grund ihres Gesamtpotentials sehr günstige Eigenschaften in bezug auf sehr hohe Dauerfestigkeiten, Entfestigungstemperaturen deutlich über 200 °C, standardmäßige Verfügbarkeit in Form dünnster Folien sowie niedrige Produktkosten aufweisen. Als geeignete Stähle können beispielsweise X12 NiCr 72 13, X10 CrNiTi 18 9, X40 CrMoV 20 5, X5 CrNi 18 9, X10 CrNi 18 8 und dergleichen eingesetzt werden.

Als Materialien auf Cu-Legierungsbasis eignen sich beispielsweise CuSn6, CuNi3Si1Mg, CuZn23Al3, CuCo2Be, CuNi2Be, CuBe2 und dergleichen. Als Ni-Basislegierungen können beispielsweise die NiCo-Legierungen Duratherm 600 sowie Nivaflex 45/5, oder aber auch NiBe2 und dergleichen verwendet werden. Als Co-Basislegierung eignet sich besonders gut Vacon CF8.

Die Weiterkontaktierung kann vorteilhaft zumindest bereichsweise von einem Passivierungsmaterial umgeben sein. Bei einem Passivierungsmaterial handelt es sich um eine Art Schutzmaterial und/oder Isolationsmaterial, welches beispielsweise aus einem Kunststoff gebildet sein kann. Eine elektrische Passivierung freiliegender elektrischer Bauelemente, wie beispielsweise elektrischen

Verbindungselementen, elektrischen Verbindungsleitungen, den in einem piezoelektrischen Bauteil befindlichen Elektrodenschichten und dergleichen, ist erforderlich, um elektrische Überschlüsse und Kurzschlüsse zwischen benachbarten, freiliegenden elektrischen Bauteilen zu vermeiden.

Gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise bereitgestellt, bei dem alternierend immer eine piezoelektrische Keramikschiicht und eine Elektrodenschicht zur Bildung eines Stapels übereinander angeordnet ist, bei dem jeweils wenigstens eine erste Elektrodenschicht und wenigstens eine im Stapel darauffolgende, zur ersten Elektrodenschicht benachbarte zweite Elektrodenschicht zur elektrischen Kontaktierung in alternierender Polarität jeweils mit zumindest einer seitlich am Stapel angeordneten Metallisierung verbunden ist, wobei jede Metallisierung über eine Weiterkontaktierung mit mehr als einem Verbindungselement elektrisch mit einem Anschlußelement verbunden ist. Das piezoelektrische Bauteil ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung in Form einer wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Weiterkontaktierung ausgebildet ist.

Auf diese Weise werden piezoelektrische Bauteil mit einer zuverlässigen Weiterkontaktierung geschaffen, wobei die mechanischen Belastungen im Bereich der Weiterkontaktierung erniedrigt sowie mögliche Resonanzen in den elektrischen Anschlußelementen und die damit verbundenen mechanischen Belastungen verringert werden können.

Vorzugsweise kann der Schichtenstapel aus piezoelektrischen Keramikschiichten und Elektrodenschichten auf einer Bodenplatte, vorzugsweise auf einer ruhenden Bodenplatte, angeordnet sein. Diese Bodenplatte kann vorteilhaft

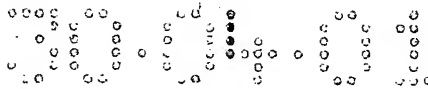
wenigstens eine Durchführung für das Anschlußelement aufweisen.

Vorteilhaft kann die Weiterkontaktierung als eine einzige
5 strukturierte Folie ausgebildet sein, wobei jedes
Verbindungselement mit einer einzigen, gemeinsamen
Stromleitungsbahn verbunden ist. Vorzugsweise ist die
Stromleitungsbahn in bezug auf jedes Verbindungselement auf
10 der dem Stapel abgewandten Seite der Weiterkontaktierung
ausgebildet. In diesem Fall kann jedes Verbindungselement auf
der dem Stapel zugewandten Seite der Weiterkontaktierung mit
der wenigstens einen Metallisierung verbunden sein. Durch die
erfindungsgemäße Ausgestaltung der Weiterkontaktierung
15 besteht zwischen den Verbindungselementen und der
Stromleitungsbahn eine integrale Verbindung, so daß eine
separate Verbindung, beispielsweise über eine Lötverbindung,
eine Schweißverbindung oder dergleichen nur noch zwischen den
Verbindungselementen und der Metallisierung realisiert werden
muß.

20 Vorteilhaft kann die Stromleitungsbahn parallel zur
Längsausrichtung des Stapels ausgerichtet sein.

Vorteilhaft kann dabei die Breite der Stromleitungsbahn vom
25 freien Ende des Stapels aus gesehen hin in Richtung der
Bodenplatte zunehmen.

In weiterer Ausgestaltung kann die Weiterkontaktierung eine
Kontaktierungszone aufweisen, wobei die Kontaktierungszone im
30 Bereich der Bodenplatte angeordnet ist, und wobei dort das
Anschlußelement mit der Kontaktierungszone verbunden ist.
Diese Ausgestaltung weist eine Reihe von Vorteilen auf. So
liegt die Verbindung von der als ein einziges, strukturiertes
Bauteil ausgebildeten Weiterkontaktierung und dem
35 Anschlußelement, beispielsweise einem Kontaktstift, im
Bereich der Bodenplatte, beispielsweise im Bereich der
ruhenden Bodenplatte, und des im dynamischen Betrieb



15

11

ebenfalls ruhenden Stapelbodens. Dadurch bleibt diese Verbindung mechanisch unbelastet.

Vorzugsweise kann die Weiterkontaktierung zumindest

- 5 bereichsweise von einem Passivierungsmaterial umgeben sein, wobei der Stapel und die Weiterkontaktierung vorzugsweise in einem einzigen Hüllkörper aus Passivierungsmaterial angeordnet sind.

- 10 Dabei wird das strukturierte Bauteil der Weiterkontaktierung, beispielsweise die strukturierte Folie und hier insbesondere die Stromleitungsbahn bevorzugt in der Nähe, das heißt in unmittelbarer Umgebung des Stapels liegend mit dem Passivierungsmaterial, beispielsweise einem geeigneten
- 15 Kunststoff vergossen. Damit wird auch die Stromleitungsbahn im dynamischen Betrieb homogen mit dem Stapel des piezoelektrischen Vielschichtbauelements mitgedehnt, wodurch die mechanischen Belastungen auf die Verbindungsstellen zwischen den Verbindungselementen und der Metallisierung
- 20 sowie auf die Verbindungselemente selbst deutlich reduziert werden.

Dieser Mitführeffekt im dynamischen Betrieb wird insbesondere dadurch gewährleistet, daß der Abstand der Stromleitungsbahn zum Stapel bewußt möglichst gering gehalten wird.

25

- In weiterer Ausgestaltung kann sich die Kontaktierungszone der Weiterkontaktierung im Ausgangszustand vom freien Ende des Stapels aus gesehen über den Stapel hinaus erstrecken,
- 30 wobei das Anschlußelement zunächst auf der Rückseite der Kontaktierungszone angeordnet ist. Anschließend wird die Weiterkontaktierung im Bereich der Kontaktierungszone umbogen, beispielsweise um 180°, so daß der Kontaktstift nunmehr auf der Vorderseite der Kontaktierungszone
- 35 ausgebildet ist. Anschließend kann das Anschlußelement fixiert werden, beispielsweise indem es durch die in der Bodenplatte vorgesehene Durchführung hindurchgesteckt wird.

Auf diese Weise kann die Wahl und Durchführung der Verbindungsprozesse zwischen den Verbindungselementen und der Metallisierung, beziehungsweise dem Anschlußelement, weiter vereinfacht werden.

5

Wie weiter oben bereits ausführlich dargelegt wurde, ist eine geeignete Stromzuführung an den Stapel über die Verbindungselemente eine Vorbedingung, um den schädlichen Einfluß einzelner Polungsrisse im Bereich der

10 Stapelkontaktierung, die beispielsweise eine Durchtrennung der Metallisierung und damit lokal inhomogene Auslenkungen hervorrufen können, beseitigen zu können. Durch das erfindungsgemäße Weiterkontaktierungsdesign, insbesondere durch die Verbindung der Weiterkontaktierung zum nach außen
15 führenden Anschlußelement im ruhenden, nicht auslenkenden Bereich des piezoelektrischen Bauteils, können die mechanischen Belastungen in der als ein einziges, strukturiertes Bauteil ausgebildeten Weiterkontaktierung soweit reduziert werden, daß ein zwar mechanisch geringer
20 belastbarer, aber ausreichend elektrisch leitfähiger Werkstoff eingesetzt werden kann.

Vorteilhaft kann ein wie vorstehend beschriebenes erfindungsgemäßes piezoelektrisches Bauteil als
25 piezoelektrischer Aktor oder piezoelektrischer Wandler ausgebildet sein. Beispielhafte Ausführungsformen hierfür sind etwa Stapelaktoren, Transversalaktoren, Biegeaktoren, Wandler für medizinischen Ultraschall und dergleichen.

Insbesondere kann das piezoelektrische Bauteil als Piezoaktor
30 in Kfz-Einspritzsystemen, beispielsweise in Diesel-Einspritzsystemen eingesetzt werden.

Die Erfindung wird nun an Hand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher
35 erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Seitenansicht eines aus dem Stand der Technik bekannten piezoelektrischen Bauteils;

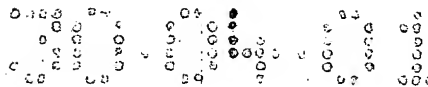
Figur 2 in Seitenansicht eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauteils;

Figur 3 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauteils; und

Figur 4 in Seitenansicht noch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauteils.

In Figur 1 ist zunächst ein aus dem Stand der Technik bekanntes piezoelektrisches Bauteil 10 in Vielschichtbauweise dargestellt, bei dem es sich um einen Piezoaktor handelt. Der Piezoaktor 10 besteht aus einem Stapel 16, bei dem alternierend immer eine piezoelektrische Keramikschicht 11 und eine Elektrodenschicht 12, 13 übereinander angeordnet ist. Jeweils wenigstens eine erste Elektrodenschicht 12 und wenigstens eine im Stapel 16 darauffolgende zur ersten Elektrodenschicht 12 benachbarten zweite Elektrodenschicht 13 sind zur elektrischen Kontaktierung in alternierender Polarität jeweils mit zumindest einer seitlich am Stapel 16 angeordneten Metallisierung 15 verbunden. Bei der Metallisierung 15 handelt es sich um ein durchgängiges Band, mit dem alle Elektrodenschichten 12 beziehungsweise 13 ein und derselben Polarität verbunden sind. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist nur eine Metallisierung 15 dargestellt, über die alle Elektrodenschichten 12 verbunden sind.

Die Metallisierungen 15 sind in einem Bereich des Stapels 16 angeordnet, in dem dieser jeweils inaktive Isolationszonen 14 aufweist.



10

14

Der Stapel 16 ist auf einer ruhenden Bodenplatte 17 angeordnet, die eine mit Isolationsmitteln 18 ausgekleidete Durchführung 22 zum Hindurchführen eines elektrischen Anschlußelements 19 aufweist. Das elektrische Anschlußelement 19 hat die Aufgabe, den Stapel 16, das heißt die Elektrodenschichten 12 beziehungsweise 13 mit einem elektrischen Strom zu beaufschlagen. Dazu ist das elektrische Anschlußelement 19 über eine Weiterkontaktierung 30 mit der Metallisierung 15 verbunden. Bei dem aus dem Stand der Technik bekannten piezoelektrischen Aktor 10 gemäß Figur 1 besteht die Weiterkontaktierung 30 aus einer Anzahl von eigenständigen Verbindungselementen 31, bei denen es sich beispielsweise um dünne Drähte handelt. Die einzelnen Verbindungselemente 31 sind über geeignete Verbindungen 21, beispielsweise Lötverbindungen, Schweißverbindungen oder dergleichen mit dem elektrischen Anschlußelement 19 beziehungsweise der Metallisierung 15 verbunden. Die Verbindung der Verbindungselemente 31 mit der Metallisierung 15 erfolgt dabei an der dem Stapel 16 zugewandten Seite 24 der Verbindungselemente 31, während die Verbindung mit dem Anschlußelement 19 an der dem Stapel abgewandten Seite 23 der Verbindungselemente 31 erfolgt. Die Verbindungselemente 31, beziehungsweise das elektrische Anschlußelement 19, sind in der Regel zusammen mit dem Aktorstapel 16 in einer Kunststoffumhüllung gemeinsam vergossen.

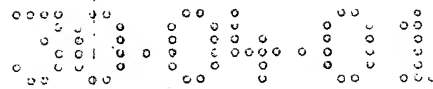
Im dynamischen Betrieb des Piezoaktors 10 bleiben die Bodenplatte 17, das elektrische Anschlußelement 19 und der Boden des Stapels 16 in Ruhe, während der Hub an dem mit dem Doppelpfeil 20 gekennzeichneten freien Ende 25 des Stapels 16 stattfindet. Der Stapel 16 und damit der Piezoaktor 10 führen somit eine Längsbewegung in Richtung der Längsausrichtung A des Stapels 16 aus. Im Bereich des freien Endes 25 des Stapels 16 werden damit die Verbindungselemente 31 maximaler mechanischer Belastung ausgesetzt, was die Materialauswahl einschränkt und an die Verbindungstechnik zwischen den Verbindungselementen 31 und der Metallisierung 15,

beziehungsweise dem elektrischen Anschlußelement 19, erhöhte Anforderungen stellt. Das elektrische Anschlußelement 19 und die Verbindungselemente 31 können darüber hinaus im dynamischen Betrieb zu Longitudinal- oder

5 Transversalschwingungen angeregt werden, die zusätzliche mechanische Belastungen im Bereich der Weiterkontaktierung 30 verursachen.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine
10 erfindungsgemäße Lösung, mit der diese schädlichen
mechanischen Belastungen zuverlässig reduziert werden können.
Dabei entspricht der piezoelektrische Aktor 10 in seinem
Grundaufbau dem in Figur 1 dargestellten piezoelektrischen
Aktor 10, so daß gleiche Bauteile mit identischen
15 Bezugsziffern versehen wird, und zur Vermeidung von
Wiederholungen auf eine erneute Beschreibung dieser Bauteile
verzichtet und dafür Bezug auf die Ausführungen zu Figur 1
genommen wird.

20 Im Unterschied zu der in Figur 1 dargestellten
Ausführungsform weist der piezoelektrische Aktor 10 gemäß
Figur 2 nunmehr eine Weiterkontaktierung 30 auf, die nicht
mehr (wie in Figur 1) aus einer ganzen Anzahl eigenständiger,
separater Verbindungselemente 31 besteht. Vielmehr ist die
25 Weiterkontaktierung nunmehr als ein einziges, strukturiertes
Bauteil 32 ausgebildet, im vorliegenden Ausführungsbeispiel
als strukturierte Metallfolie 32. Die Metallfolie 32 kann
bevorzugt aus Kupfer oder Kupferlegierungen hergestellt sein.
Die strukturierte Folie 32 weist nach wie vor eine Anzahl von
30 Verbindungselementen 31 auf, die jedoch einteilig mit einer
Stromleitungsbahn 33 verbunden sind. Dadurch weist die
Metallfolie 32 eine Art „Kammstruktur“ auf, bei der die
einzelnen Verbindungselemente 31 die „Kammzähne“ bilden und
von der Stromleitungsbahn 33 abragen. Zwischen einzelnen,
35 benachbarten Verbindungselementen 31 sind jeweils
Zwischenräume 36 vorgesehen.



20

16

Stromleitungsbahn 33 und Verbindungselemente 31 bilden somit ein integrales Bauteil, so daß entsprechende Verbindungen 21 zwischen den Verbindungselementen 31 und der Stromleitungsbahn 33 nunmehr entfallen können. Die

- 5 Weiterkontaktierung 30 muß nunmehr nur noch an der dem Stapel 16 zugewandten Seite 24 mit der Metallisierung 15 verbunden werden, was wiederum über geeignete Löt- oder Schweißverbindungen 21 erfolgen kann. Auf der dem Stapel 16 abgewandten Seite 23 der Verbindungselemente 31 ist nunmehr
- 10 die Stromleitungsbahn 33 vorgesehen, die vorteilhaft eine im Vergleich zu den Verbindungselementen 31 größere Breite B aufweist.

- Die Weiterkontaktierung 30 beziehungsweise die
- 15 Stromleitungsbahn 33 kann im Vergleich zum Stapel 16 derart ausgerichtet sein, daß sich diese in ihrer Längenrichtung L in paralleler Ausrichtung zur Längsausrichtung A des Stapels 16 befindet.

- 20 Weiterhin weist die Weiterkontaktierung 30 eine Kontaktierungszone 34 auf, in der ein elektrisches Anschlußelement 19 mit der Weiterkontaktierung 30 verbunden ist. Das elektrische Anschlußelement 19 kann in der wie in Figur 1 beschriebenen Art und Weise durch die Bodenplatte 17
- 25 hindurchgeführt werden oder sein.

- Die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Weiterkontaktierung 30 führt zu einer Reihe von Vorteilen. Zunächst liegt die Verbindung der Weiterkontaktierung 30, das heißt der
- 30 strukturierten Folie 32, mit dem elektrischen Anschlußelement 19 im Bereich der ruhenden Bodenplatte 17 und des auch im dynamischen Betrieb ruhenden Bodens des Stapels 16, so daß diese im Betrieb des piezoelektrischen Aktors 10 mechanisch unbelastet bleibt. Weiterhin werden die strukturierte Folie
- 35 32 und insbesondere die Stromleitungsbahn 33 bevorzugt in der Nähe des Stapels 16 liegend mit Kunststoff vergossen. Dies ist auch in Figur 3 dargestellt. Damit wird auch die

Stromleitungsbahn 33 im dynamischen Betrieb homogen mit dem Stapel 16 mitgedehnt, wodurch die mechanischen Belastungen auf die Verbindungen 21 zwischen den Verbindungselementen 31 und der Metallisierung 15 sowie auf die Verbindungselemente 5 31 selbst deutlich reduziert werden. Die geringe Massebelegung der Stromleitungsbahn 33 im Vergleich zum in Figur 1 dargestellten durchgehenden elektrischen Anschlußelement 19 der herkömmlichen Lösung verringert in Verbindung mit dem Verguß in ein Passivierungsmaterial (siehe 10 Figur 3) mögliche eigene Resonanzen.

Durch die deutliche Verringerung der mechanischen Belastungen im Bereich der Weiterkontaktierung 30 können für die strukturierte Folie 32 Werkstoffe eingesetzt werden, die zwar 15 mechanisch geringer belastbar sind, die aber die für die Stromleitungsbahn 33 erforderliche gute elektrische Leitfähigkeit besitzen und wesentlich kostengünstiger zu verarbeiten sind.

20 In Figur 3 ist eine Draufsicht auf einen in einen Hüllkörper 40 aus Passivierungsmaterial eingebetteten piezoelektrischen Aktor 10 dargestellt. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 ist der Abstand der Weiterkontaktierung 30 und hier insbesondere der Stromführungsbahn 33 zum Stapel 16 bewußt 25 möglichst gering gehalten, um einen Mitführeffekt im dynamischen Betrieb des piezoelektrischen Aktors 10 zu gewähren. Die Auswahl des Passivierungsmaterials erfolgt je nach Ausgestaltungsform und Einsatzgebiet des Piezoaktors 10. Vorteilhaft kann das Passivierungsmaterial beispielsweise als 30 Kunststoff ausgebildet sein.

In Figur 4 ist schließlich eine weitere Ausführungsvariante eines wie in Figur 2 dargestellten erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors 10 dargestellt, so daß bezüglich des 35 Grundaufbaus auf die Ausführungen zu Figur 2 verwiesen wird.

Figur 4a stellt eine strukturierte Folie 32 dar, bei dem sich die Kontaktierungszone 34 im Ausgangszustand vom freien Ende 25 des Stapels 16 aus gesehen zunächst über den Stapel 16 hinaus erstreckt, so daß eine über den Stapel 16 hinaus verlängerte Kontaktierungszone 34 vorliegt. Das elektrische Anschlußelement 19 wird zunächst auf der Rückseite 35 der Kontaktierungszone 34 angeordnet, was durch die gestrichelte Darstellung verdeutlicht ist. Anschließend wird, wie in Figur 4b dargestellt, die strukturierte Folie 32 im Bereich der Kontaktierungszone 35 in Biegerichtung R um die Biegeebene E herum um 180° gebogen und das Anschlußelement 19 anschließend in der Durchführung 22 der Bodenplatte 17 fixiert. Auf diese Weise kann die Wahl und Durchführung der Verbindungsprozesse der Weiterkontaktierung 30 mit der Metallisierung 15 und dem Anschlußelement 19 weiter vereinfacht werden.

Patentansprüche

1. Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil,
insbesondere für ein piezoelektrisches Bauteil in
5 Vielschichtbauweise, mit mehr als einem
Verbindungselement (31) zur Verbindung des elektrischen
Bauteils mit einem elektrischen Anschlußelement,
dadurch gekennzeichnet, daß die
Weiterkontaktierung (30) als ein einziges, strukturiertes
10 Bauteil (32) ausgebildet ist.
2. Weiterkontaktierung nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30)
als eine einzige, strukturierte Folie (32) ausgebildet
15 ist.
3. Weiterkontaktierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, daß jedes Verbindungselement (31)
mit einer einzigen, gemeinsamen Stromleitungsbahn (33)
20 verbunden ist.
4. Weiterkontaktierung nach Anspruch 3, dadurch
gekennzeichnet, daß die Stromleitungsbahn (33)
eine im Vergleich zu jedem Verbindungselement (31)
größere Breite (B) aufweist.
25
5. Weiterkontaktierung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch
gekennzeichnet, daß die Stromleitungsbahn (33)
eine sich über die Länge (L) der Stromleitungsbahn (33)
30 ändernde Breite (B) aufweist.
6. Weiterkontaktierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß das strukturierte
Bauteil (32) eine Kontaktierungszone (34) aufweist, in
35 der ein elektrisches Anschlußelement angeordnet werden
kann.

7. Weiterkontaktierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) zumindest bereichsweise aus einem Material mit hoher elektrischer Leitfähigkeit gebildet ist.
8. Weiterkontaktierung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) aus wenigstens einem Material aus der Gruppe Cu, Cu-Legierung, Fe, Stahl, Ni-Basislegierung, Co-Basislegierung gebildet ist.
9. Weiterkontaktierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) zumindest bereichsweise von einem Passivierungsmaterial umgeben ist.
10. Piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise, bei dem alternierend immer eine piezoelektrische Keramikschi-
cht (11) und eine Elektrodenschicht (12, 13) zur Bildung eines Stapels (16) übereinander angeordnet ist, bei dem jeweils wenigstens eine erste Elektrodenschicht (12) und wenigstens eine im Stapel (16) darauffolgende, zur ersten Elektrodenschicht (12) benachbarte zweite Elektrodenschicht (13) zur elektrischen Kontaktierung in alternierender Polarität jeweils mit zumindest einer seitlich am Stapel (16) angeordneten Metallisierung (15) verbunden ist, wobei jede Metallisierung (15) über eine Weiterkontaktierung (30) mit mehr als einem Verbindungselement (31) elektrisch mit einem Anschlußelement (19) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist.
11. Piezoelektrisches Bauteil nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Stapel (16) auf einer

Bodenplatte (17), vorzugsweise auf einer ruhenden Bodenplatte, angeordnet ist.

5 12. Piezoelektrisches Bauteil nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenplatte (17) wenigstens eine Durchführung (22) für das Anschlußelement (19) aufweist.

10 13. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) als eine einzige strukturierte Folie (32) ausgebildet ist, daß jedes Verbindungselement (31) mit einer einzigen gemeinsamen Stromleitungsbahn (33) verbunden ist und daß die Stromleitungsbahn (33) in
15 bezug auf jedes Verbindungselement (31) auf der dem Stapel (16) abgewandten Seite (23) der Weiterkontaktierung (30) ausgebildet ist.

20 14. Piezoelektrisches Bauteil nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Verbindungselement (31) auf der dem Stapel (16) zugewandten Seite (24) der Weiterkontaktierung (30) mit der wenigstens einen Metallisierung (15) verbunden ist.

25 15. Piezoelektrisches Bauteil nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromleitungsbahn (33) parallel zur Längsausrichtung (A) des Stapels (16) ausgerichtet ist.

30 16. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 13 bis 15, soweit diese auf Anspruch 11 oder 12 rückbezogen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite (B) der Stromleitungsbahn (33) vom freien Ende (25) des Stapels (16) aus gesehen hin in Richtung der Bodenplatte
35 (17) zunimmt.

17. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) eine Kontaktierungszone (34) aufweist, daß die Kontaktierungszone (34) im Bereich der Bodenplatte (17) angeordnet ist und daß das Anschlußelement (19) mit der Kontaktierungszone (34) verbunden ist.

18. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterkontaktierung (30) zumindest bereichsweise von einem Passivierungsmaterial umgeben ist und daß der Stapel (16) und die Weiterkontaktierung (30) vorzugsweise in einem einzigen Hüllkörper (40) aus Passivierungsmaterial angeordnet sind.

19. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Kontaktierungszone (34) der Weiterkontaktierung (30) im Ausgangszustand vom freien Ende (25) des Stapels (16) aus gesehen über den Stapel (16) hinaus erstreckt und daß das Anschlußelement (29) auf der Rückseite (35) der Kontaktierungszone (34) angeordnet ist.

20. Piezoelektrisches Bauteil nach einem der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß dieses als piezoelektrischer Aktor oder piezoelektrischer Wandler ausgebildet ist.

Zusammenfassung

Weiterkontaktierung für ein elektrisches Bauteil sowie piezoelektrisches Bauteil in Vielschichtbauweise

5

Es wird unter anderem beschrieben eine Weiterkontaktierung (30) für ein piezoelektrisches Bauteil (10) in Vielschichtbauweise, wobei das piezoelektrische Bauteil (10) aus einem Stapel (16) alternierend angeordneter

10

piezoelektrischer Keramiksichten (11) und Elektrodenschichten (12, 13) ausgebildet ist. Die Weiterkontaktierung (30) weist eine Reihe von Verbindungselementen (31) zur Verbindung einer Metallisierung (15) des elektrischen Bauteils (10) mit einem elektrischen

15

Anschlußelement (19) auf. Um die mechanischen Belastungen während des dynamischen Betriebs des piezoelektrischen Bauteils (10) zu minimieren, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Weiterkontaktierung (30) als ein einziges, strukturiertes Bauteil (32), beispielsweise als strukturierte

20

Folie, ausgebildet ist. Die strukturierte Folie (32) weist vorteilhaft eine für jedes Verbindungselement (31) gemeinsame Stromleitungsbahn (33) sowie eine im Bereich einer ruhenden Bodenplatte (17) ausgebildete Kontaktierungszone auf, wobei die Weiterkontaktierung (30) im Bereich dieser Kontaktierungszone (34) mit dem elektrischen Anschlußelement (19) verbunden ist.

Figur 2

Fig. 2

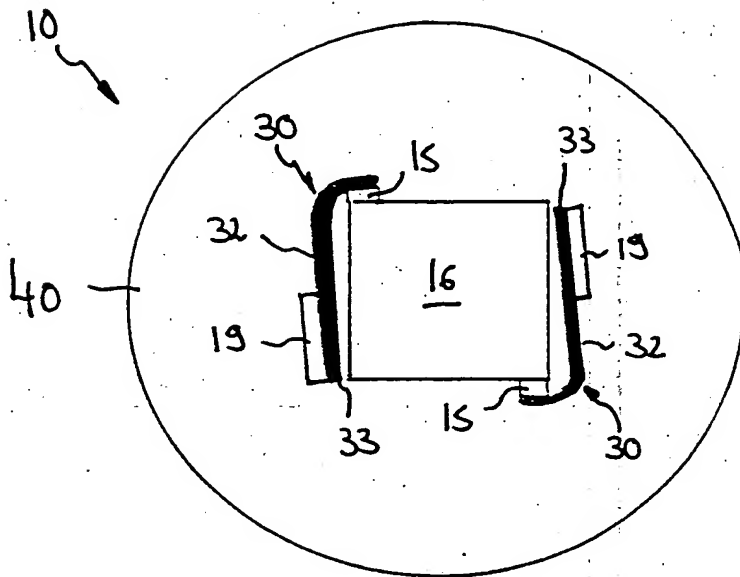


Fig. 3

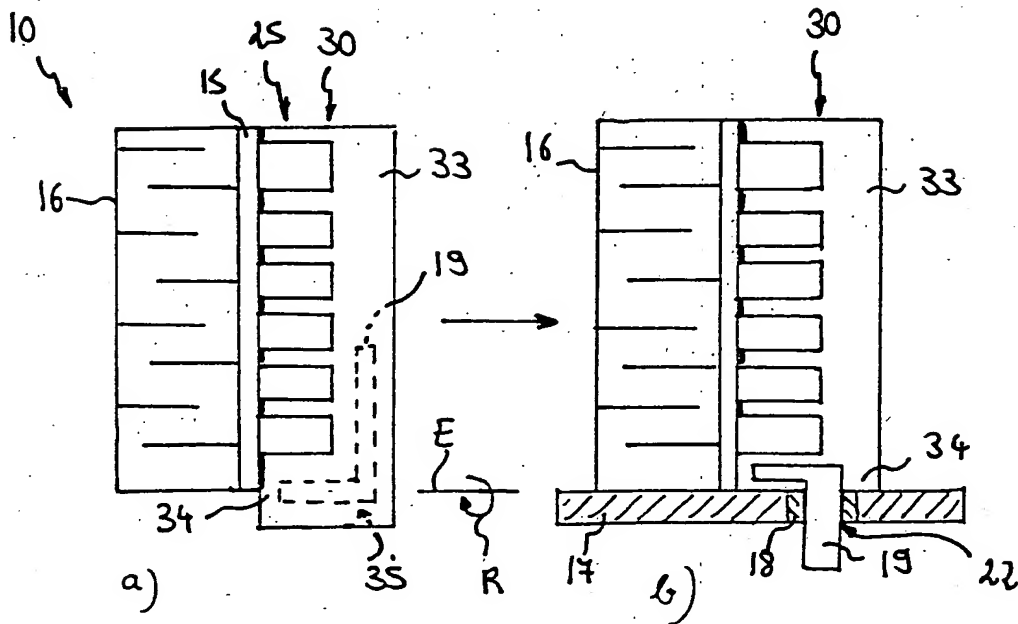


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.